

УДК 621. 577; 628.84

Н. Б.ЧИРКИН, канд. техн. наук

М. А. КУЗНЕЦОВ, Е. В. ШЕРСТОВ

Институт проблем машиностроения им. А.Н.Подгорного НАН Украины, г. Харьков

А. С. КЛЕПАНДА, В. А. НЕСВИТАЙЛО

НПП «Инсолар», г. Харьков

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ Часть 2. К ВЫБОРУ ВОЗДУШНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

(Часть I. О требуемой тепловой нагрузке системы и мощности теплового насоса.

«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ЭНЕРГЕТИКА • ЭНЕРГОАУДИТ» № 6, 2010, с. 27–36.)

Разработана методика, позволяющая оптимизировать бивалентную моноэнергетическую схему системы отопления с тепловым насосом, использующим атмосферный воздух в качестве низкопотенциального источника теплоты. В качестве оптимизирующей функции принята величина приведенных затрат теплонасосной системы отопления, в качестве оптимизирующего фактора - температура бивалентности, рассчитанная для конкретной модели теплонасосной установки. Методика позволяет получить рациональные условия для проектирования рассматриваемой системы отопления и режимов её эксплуатации с точки зрения выбора оптимального соотношения между единовременными капитальными затратами на теплонасосную установку и эксплуатационными затратами в течение расчетного периода.

Розроблена методика, що дозволяє оптимізувати бівалентну моноенергетичну схему системи опалювання з тепловим насосом повітря-вода. У якості оптимізуючої функції прийнята величина річних приведених витрат, а оптимізуючого фактору прийнята температура бівалентності, яка розрахована для кожної моделі теплонасосної установки з даних варіантів. Методика дозволяє отримати раціональні умови для проектування даної системи опалювання і режимів її експлуатації з погляду вибору оптимального співвідношення між одноразовими капітальними витратами на теплонасосну установку і експлуатаційними витратами протягом розрахункового періоду.

Введение

Значимость использования теплонасосных установок (ТНУ) в качестве теплогенераторов в автономных системах жизнеобеспечения объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) доказана их широкомасштабным применением в мире. Десятки миллионов тепловых насосов, эксплуатируемых в разных странах в системах отопления, кондиционирования, вентиляции и горячего водоснабжения, позволяют экономить дефицитное и всё возрастающее в цене органическое топливо, снижать загрязнение окружающей среды, улучшать условия работы и быта населения. При прогнозируемом истощении запасов ископаемого углеводородного топлива уже в 21 веке, внедрение теплонасосных технологий рассматривается как альтернатива традиционному теплоснабжению. Согласно прогнозам Международного Энергетического Комитета, к 2020 году до 75 % мировых систем отопления будут использовать именно теплонасосный принцип генерации коммунальной теплоты. Украине, к сожалению, только ещё предстоит освоение теплонасосных технологий и, так как пока у нас нет собственного производства теплонасосного оборудования, отвечающего по эффективности и надёжности современным мировым стандартам, приходится использовать в отечественных проектах модели тепловых насосов зарубежных фирм, активно появляющихся на украинском рынке в последние годы. Однако высокая стоимость импортных тепловых насосов является одной из причин, сдерживающих их широкое внедрение. Помимо высокой стоимости собственно теплового насоса, суммарные капиталовложения в ТНУ существенно зависят от выбранной подсистемы отбора низкопотенциальной теплоты. При использовании в качестве источника низкопотенциальной энергии теплоты грунта, например, дополнительные капиталовложения в указанную подсистему могут превысить стоимость самого теплового насоса (ТН), в то время как при использовании теплоты окружающего воздуха они минимальны. Однако

реализовать соблазнительное желание использовать общедоступный и дешевый атмосферный воздух в качестве источника низкопотенциальной теплоты для ТНУ, не всегда удаётся из-за технических особенностей работы воздушных тепловых насосов. Известно, что при снижении температуры наружного воздуха, именно тогда, когда поддержание комфортного микроклимата в помещении требует повышения тепловой нагрузки системы отопления, эффективность преобразования энергии в воздушном тепловом насосе и его теплопроизводительность падают [1]. Целесообразным считается использование воздушных тепловых насосов в моновалентных схемах отопления для регионов с тёплым и мягким климатом (например, Южного берега Крыма). Для регионов с более холодным климатом необходимо применение бивалентных схем с тщательным технико-экономическим обоснованием распределения отопительной тепловой нагрузки между тепловым насосом и доводчиком. Следует заметить, что в рекламных публикациях последних лет нижним пределом эксплуатации воздушных ТНУ на обогрев называют температуры минус 20 и даже минус 25 °С. Приводятся так же интересные исследования о рациональности применения новых моделей низкотемпературных воздушных тепловых насосов для отопления в странах с холодным климатом [2].

В настоящей статье рассматривается методика, позволяющая оптимизировать бивалентную моноэнергетическую схему системы отопления с воздушным тепловым насосом. В качестве оптимизирующей функции принята величина годовых приведенных затрат, а в качестве оптимизирующего фактора - температура бивалентности.

Основная часть

Разработанная методика проанализирована на теплонасосной системе отопления условного объекта, расположенного в Харьковском регионе с расчётной тепловой нагрузкой $Q_{тр} = 100$ кВт. При определении $Q_{тр}$ согласно данным СНиП23-01-99* приняты расчетная температура наружного воздуха равная $t_{нвр} = -23^{\circ}\text{C}$ и комфортная температура в помещении $t_{п} = 18^{\circ}\text{C}$.

Изменение требуемой тепловой нагрузки в условиях переменной температуры наружного воздуха, $Q_{т} = f(t_{нв})$ и в зависимости от времени отопительного сезона, $Q_{т} = f(\tau)$ представлены на рис. 1.

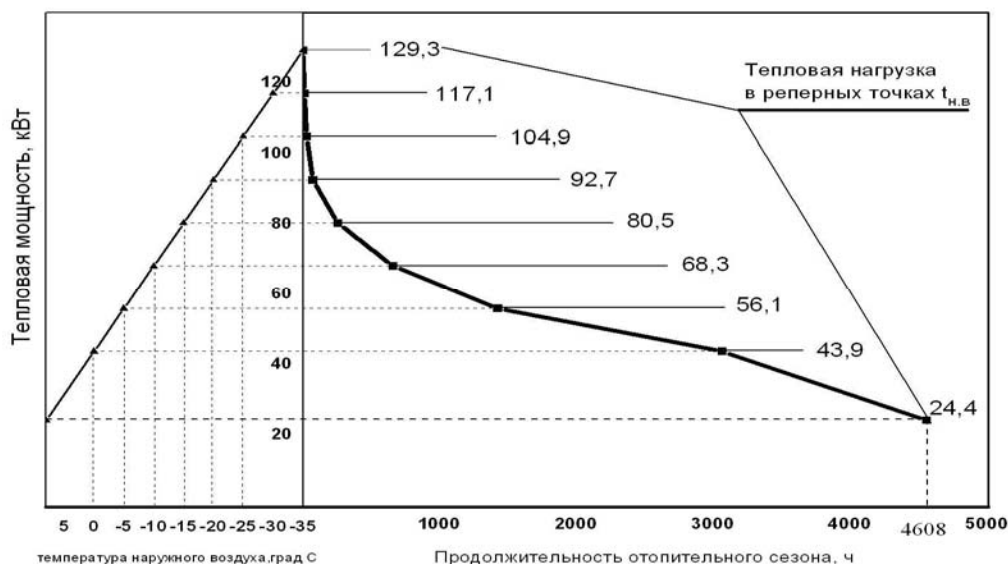


Рис. 1. Требуемая тепловая нагрузка условного объекта

Для г. Харькова отопительный сезон начинается от температуры наружного воздуха +8 °С и длится до расчётной температуры наружного воздуха, что согласно [3] составляет 192 суток. Существуют другие методики определения продолжительности отопительного периода [4], что может быть темой отдельного анализа.

Согласно анонсируемым характеристикам воздушных тепловых насосов, предлагаемых на украинском рынке, теплонасосное оборудование подбирается с гарантированным обеспечением расчётных параметров до температуры наружного воздуха минус 5⁰С. При температурах ниже минус 5 °С в систему включается доводчик теплоты, например электрический или газовый котёл, мощность которого выбирается из условия покрытия максимальной тепловой нагрузки на объекте. Часто в целях снижения капитальных затрат мощность доводчика подбирается меньше максимальной, смирившись с тем, что в кратковременные часы пиковых нагрузок, температура в помещении будет несколько ниже комфортной.

Данные по техническим характеристикам тепловых насосов берутся из каталогов фирм-производителей. Например, фирма **Clivet** (Италия) [5] предлагает модельный ряд тепловых насосов типа воздух-вода, зависимости тепловой мощности которых от температуры наружного воздуха, представлены на рис. 2. Здесь снизу вверх приведены графики теплопроизводительности следующих моделей тепловых насосов: **WSAN-EE 122**, **WSAN-EE 162**, **WSAN-EE 202**, **WSAN-EE 242** и **WSAN-EE 282**.

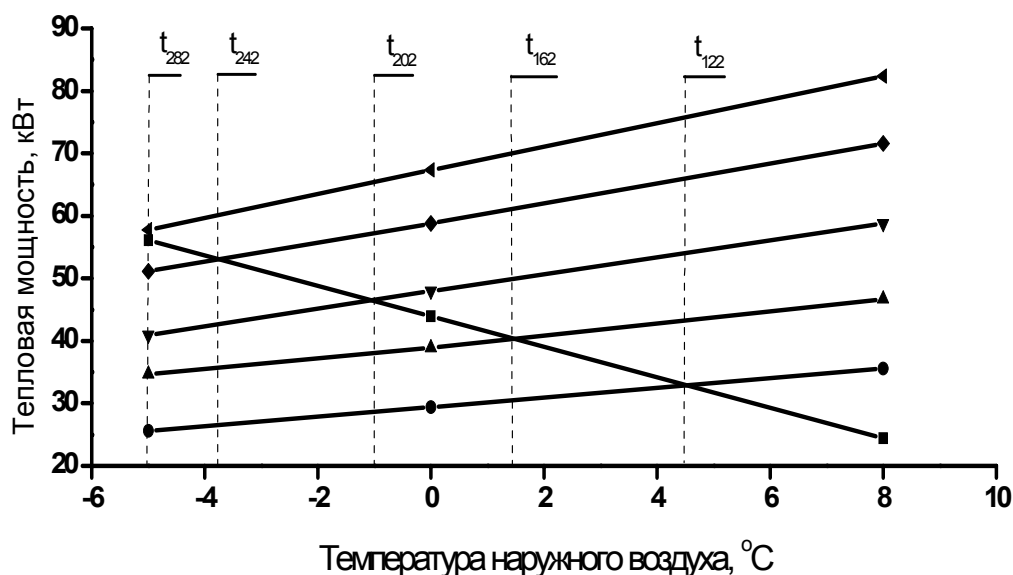


Рис.2. Зависимость теплопроизводительности ТН от температуры наружного воздуха:

■ — тепловая мощность объекта; ● — ТН122; ▲ — ТН162;
▼ — ТН 202; ◆ — ТН242; ◄ — ТН282

Представленные графики $Q_{\text{ТН}} = f(t_{\text{нв}})$ и $Q_{\text{Т}} = f(t_{\text{нв}})$ позволяют определить температуры бивалентности t_i для рассматриваемых моделей ТН и время работы теплового насоса и доводчика за отопительный период. Под температурой бивалентности в данном случае подразумевается температура наружного воздуха, при которой тепловая мощность выбранной модели ТН становится достаточной для покрытия требуемой тепловой нагрузки на объект. На рис. 2 эти температуры обозначены с подстрочным индексом, соответствующим модели теплового насоса (например t_{282}).

Зависимости тепловой нагрузки на объект $Q_{\text{Т}}$ и теплопроизводительности теплового насоса $Q_{\text{ТН}}$ рассматриваемых моделей от температуры окружающей среды $t_{\text{нв}}$ в интервале температур (-5÷+ 8° С), можно описать следующими линейными уравнениями:

$$Q_{\text{Т}} = -2,439t_{\text{нв}} + 43,902; \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{TH122}} &= 0,7698t_{\text{HB}} + 29,43; \\
Q_{\text{TH162}} &= 0,9279t_{\text{HB}} + 39,172; \\
Q_{\text{TH202}} &= 1,3744t_{\text{HB}} + 47,859; \\
Q_{\text{TH242}} &= 1,5764t_{\text{HB}} + 58,913; \\
Q_{\text{TH282}} &= 1,8864t_{\text{HB}} + 67,258.
\end{aligned}
\tag{2}$$

Совместное решение этих уравнений позволяет аналитически определить температуры бивалентности. Зная значения величин тепловой нагрузки для ряда выбранных температур наружного воздуха (реперные точки) и, согласно [3] время стояния этих температур в течение отопительного периода, выражения тепловых нагрузок могут быть представлены в зависимости от времени отопительного периода τ , в часах:

$$Q_{\tau} = -1,807910^6 \tau^2 + 6,627910^4 \tau + 588023 \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{TH122}} &= 5,891410^{-7} \tau^2 - 3,222610^{-4} \tau + 248697 \\
Q_{\text{TH162}} &= 8,542910^{-7} \tau^2 - 1,266210^{-3} \tau + 347755 \\
Q_{\text{TH202}} &= 9,326110^{-7} \tau^2 - 1,51210^{-4} \tau + 388048 \\
Q_{\text{TH242}} &= 1,244610^{-6} \tau^2 - 8,805210^{-4} \tau + 498408 \\
Q_{\text{TH282}} &= 1,365610^{-6} \tau^2 - 3,253510^{-4} \tau + 555083
\end{aligned}
\tag{4}$$

Из уравнения (3) и уравнений (4) определяется время работы теплового насоса и доводчика соответственно.

Найденные температуры бивалентности и соответствующие временные интервалы работы доводчика для анализируемых данных представлены в табл. 1.

Таблица 1

Временные интервалы работы доводчика

Марка THY	Температура бивалентности $t_i, ^\circ\text{C}$	Продолжительность работы доводчика, $\Delta\tau_i, \text{ч}$
<i>Clivet WSAN-EE 122</i>	4,51	3900
<i>Clivet WSAN-EE 162</i>	1,4	3322
<i>Clivet WSAN-EE 202</i>	-1,04	2720
<i>Clivet WSAN-EE 242</i>	-3,74	1834
<i>Clivet WSAN-EE 282</i>	-5	1420

Анализ показывает, что теплопроизводительность ТН **Clivet WSAN-EE 282** достаточна для покрытия требуемой тепловой нагрузки на объект в диапазоне температур наружного воздуха от -5 до + 8°C. Время работы доводчика при этом составляет 1420 часов или 30,8 % отопительного периода. Следует заметить, что при выборе моделей низкотемпературных тепловых насосов **ZubaDan** фирмы **Mitsubishi Electric**, появившихся на европейском рынке в прошлом году [2], с устойчивой работой до температур наружного воздуха минус 15 °C (рис. 3), уменьшает время работы доводчика по схеме последовательного включения до 254 часов или 5,5 % времени отопительного периода. Остальные 94,5 % времени отопительного сезона требуемая для комфортного микроклимата тепловая нагрузка покрывается тепловым насосом.

В каталогах фирм-производителей тепловых насосов также представлены данные о зависимости энергопотребления теплового насоса от температуры наружного воздуха

$N_{\text{TH}} = f(t_{\text{нв}})$. В данной статье для упрощения анализа затраты на энергопотребление вспомогательного оборудования, например, насосов и вентиляторов не учитывались, т. к. принимались одинаковым для всех анализируемых схем.

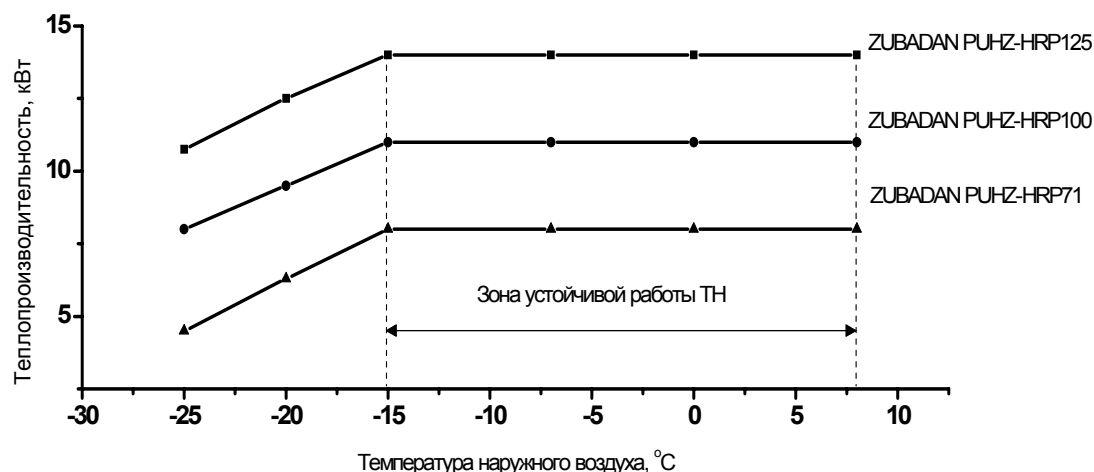


Рис. 3. Теплопроизводительность низкотемпературных тепловых насосов *ZubaDan* фирмы *Mitsubishi Electric*

Аппроксимацией каталожных данных получены зависимости для потребляемой выбранными тепловыми насосами электрической мощности в кВт:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{TH122}} &= 1,7154 \cdot 10^{-8} \tau^2 - 7,6849 \cdot 10^{-5} \tau + 9,2645; \\
 N_{\text{TH162}} &= 2,3403 \cdot 10^{-8} \tau^2 - 4,3872 \cdot 10^{-5} \tau + 12,2151; \\
 N_{\text{TH202}} &= 6,3778 \cdot 10^{-8} \tau^2 - 1,028 \cdot 10^{-4} \tau + 15,7174; \\
 N_{\text{TH242}} &= 5,7162 \cdot 10^{-8} \tau^2 - 1,2182 \cdot 10^{-5} \tau + 19,7020; \\
 N_{\text{TH282}} &= 2,6777 \cdot 10^{-8} \tau^2 + 2,4589 \cdot 10^{-4} \tau + 21,8969.
 \end{aligned} \quad (5)$$

Зависимости (5) удобны при расчетах эффективности работы ТН. Например, средний коэффициент преобразования теплового насоса за промежуток времени работы τ_1 - τ_2 определяется как

$$\text{SCOP} = \frac{\int_{\tau_1}^{\tau_2} Q_{\text{TH}} d\tau}{\int_{\tau_1}^{\tau_2} N_{\text{TH}} d\tau} \quad (6)$$

В прайс-листах фирмы *Clivet* приводятся также данные о стоимости каждой модели ТН для рассматриваемого ряда мощностей (в таблице 2 стоимость ТН приведена по данным на 2009 год).

Таблица 2

Стоимость ТН приведена по данным на 2009 год

Марка ТН	Стоимость ТН $C_{\text{THуи}}$, грн
<i>Clivet</i> <i>WSAN-EE</i> 122	99328
<i>Clivet</i> <i>WSAN-EE</i> 162	124528
<i>Clivet</i> <i>WSAN-EE</i> 202	136320
<i>Clivet</i> <i>WSAN-EE</i> 242	146960
<i>Clivet</i> <i>WSAN-EE</i> 282	154536

Перечисленные выше данные являются исходными для анализа ниже приведенных схем системы отопления.

Бивалентная альтернативная схема

Бивалентная альтернативная схема подразумевает, что отопление при помощи теплового насоса происходит до температуры наружного воздуха равной температуре бивалентности, затем тепловой насос отключается и начинает работать доводчик. Схема известна также как схема последовательного включения доводчика [6]. В качестве доводчика в настоящем анализе выбран электрический тепловой котёл «Титан» отечественного производстве, мощностью 105 кВт и стоимостью 9150 грн [7].

Альтернативная схема проста для анализа, однако не считается самой экономически рациональной для теплонасосной системы отопления, т.к. коэффициент времени использования теплонасосной установки при последовательном включении доводчика не высокий. Как было показано выше, каждому ТН из рассматриваемого модельного ряда соответствует определенная температура бивалентности и временная координата, при которой происходит переход с работы доводчика на работу теплового насоса и наоборот.

Очевидно, что количества теплоты, вырабатываемые тепловым насосом и доводчиком за отопительный период для каждой модели ТН, численно равны площади под кривой требуемой тепловой нагрузки $Q_T = f(\tau)$ (рис.1) и зависят от температуры бивалентности

$$\bar{Q}^{TH} = \int_{\tau_0}^{\tau_i} Q_T d\tau \quad (6)$$

$$\bar{Q}^{ЭД} = \int_{\tau_i}^{\tau_p} Q_T d\tau \quad (7)$$

Здесь τ_0 , τ_i и τ_p , соответственно, время начала отопительного сезона, время соответствующее температуре бивалентности и расчётной температуре наружного воздуха для отопительного сезона.

Для упрощения расчетов принимаем, что внутренний КПД электрического котла равен 100 %. Тогда количество теплоты на покрытие требуемой тепловой нагрузки приходящееся на долю электрического доводчика (ЭД) $\bar{Q}^{ЭД}$ равняется количеству электроэнергии им потребляемой $\bar{N}^{ЭД}$.

Количество электроэнергии, требуемой на покрытие заданной тепловой нагрузки тепловым насосом для каждой из выбранных моделей можно вычислить, исходя из представляемых фирмой-производителем технических характеристик ТН

$$\bar{N}^{TH} = \int_{\tau_0}^{\tau_i} N^{TH} d\tau \quad (8)$$

Такая методика позволяет при определении эксплуатационных затрат автоматически учитывать изменение коэффициента преобразования теплового насоса за анализируемый временной период.

Подставив из (5) соответствующие выражения для N_{TH} в (8) и проинтегрировав полученные выражения с учетом данных о значениях временных координат, соответствующих температуре бивалентности τ_i для каждого варианта (см. табл. 2), а также принимая, что продолжительность отопительного сезона для Харьковского региона по методике [4] от температуры наружного воздуха +8°C до расчётной температуры минус 23 °C равна $\tau_k = 4608$ ч, можно определить количество электроэнергии, требуемое для работы ТН. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчетов количества электроэнергии

Марка ТН	Количество электроэнергии, затраченное ТН на покрытие отопительной нагрузки \overline{N}^{TH} кВт·ч
<i>Clivet WSAN-EE 122</i>	6010,329
<i>Clivet WSAN-EE 162</i>	15236,947
<i>Clivet WSAN-EE 202</i>	29653,705
<i>Clivet WSAN-EE 242</i>	55082,392
<i>Clivet WSAN-EE 282</i>	71649,702

Приведенные затраты за период эксплуатации системы отопления, исчисляемый в годах, определяются как

$$PZ_n = (\overline{N}^{эд} + \overline{N}^{TH}) s_{э} n + C_{TH} + C_{эд} . \quad (9)$$

Здесь C_{TH} и $C_{эд}$ первоначальные капитальные затраты, вложенные в ТНУ;

$s_{э}$ – тариф на электроэнергию, грн/(кВт·ч);

n – число отопительных сезонов эксплуатации в годах.

Величина \overline{N}^{TH} определяется как

$$\overline{N}^{TH} = \overline{Q}^{TH} / SCOP$$

На рис. 4 представлены приведенные затраты за 12 летний период эксплуатации теплонасосной системы с тепловым насосом *Clivet WSAN-EE 122* и с тепловым насосом *Clivet WSAN-EE 282*, а также вариант использования в качестве теплогенератора системы отопления только электрического котла. Приведенные затраты для вариантов использования других выше упомянутых тепловых насосов находятся между кривыми для максимальной и минимальной мощностей и не показаны для большей наглядности графика.

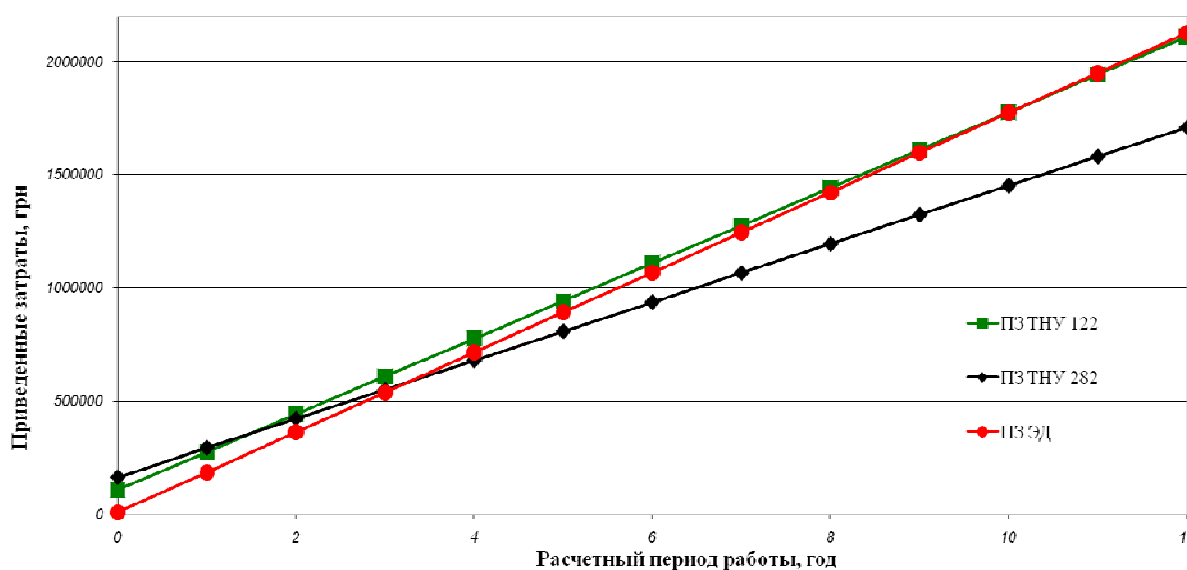


Рис. 4. Зависимость приведенных затрат системы отопления за 12 летний период эксплуатации

Из графика, представленного на рис. 4 следует, электрическая система отопления при минимальных первоначальных капитальных затратах по приведенным затратам через 3 года и 4 месяца становится менее выгодной в эксплуатации по сравнению с системой отопления по альтернативной схеме с тепловым насосом *Clivet WSAN-EE 282*. Из вариантов с различными моделями тепловых насосов, можно видеть, что схема с самой дешёвой моделью *Clivet WSAN-EE 122*, экономически выгодна по приведенным затратам по сравнению с самой дорогой только первые полтора года.

Бивалентная параллельная схема

В этой схеме до температуры бивалентности требуемая тепловая нагрузка покрывается, как и альтернативной схеме, только тепловым насосом. При температурах наружного воздуха ниже температуры бивалентности параллельно работают ТНУ и электродоводчик. Причём, по мере снижения температуры наружного воздуха, тепловая нагрузка ТН снижается в соответствии с его технической характеристикой, а нагрузка на электродоводчик возрастает. Так продолжается до температур наружного воздуха, при которых целесообразно эксплуатировать тепловой насос (например, приведенные тепловые насосы фирмы *Clivet* до температур минус 10°C , тепловой насос этой же фирмы *WBAN 82-302* до минус 18°C тепловые насосы фирмы *Mitsubishi Electric* до минус 23°C). Ниже температур возможной эксплуатации теплового насоса t_{\min}^{TH} требуемая тепловая нагрузка покрывается только доводчиком (рис. 5). При этом коэффициент использования теплового насоса повышается.

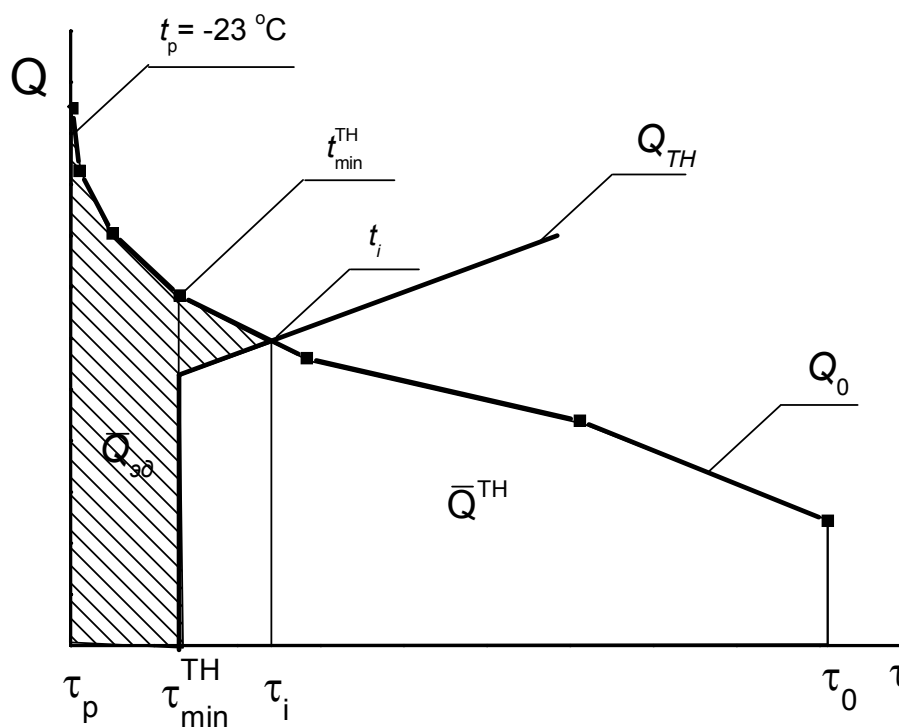


Рис. 5. Покрытие отопительной нагрузки по схеме параллельного включения

Доля требуемой тепловой нагрузки, покрываемая тепловым насосом и электродоводчиком определяется по выше изложенной методике

Результаты расчетов значений $N^{\text{эди}}$ и $N^{\text{тнуи}}$ представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты расчетов значений N^{pl} и N^{npl}

№	Модель ТН	Температура бивалентности t_i , °C	Стоимость ТНУ $C_{тну}$, грн	Стоимость ЭД $C_{эд}$, грн	Количество э/э, затраченное ТНУ на покрытие заданной нагрузки $\bar{N}_{npl}(t_i - 8^\circ \text{C})$, кВт-ч	Количество э/э, затраченное ТНУ на покрытие заданной нагрузки $\bar{N}_{npl}(t_{min}^{TH} - t_i^\circ \text{C})$, кВт-ч	Количество э/э, затраченное ЭД на покрытие заданной нагрузки $\bar{N}_{эд}(t_{min}^{TH} - t_i^\circ \text{C})$, кВт-ч	Количество э/э, затраченное ЭД на покрытие заданной нагрузки $\bar{N}_{эд}(t_{min}^{TH} - 23^\circ \text{C})$, кВт-ч	Приведенные затраты при тарифе на э/э $S_{э} = 0,75$ за 7 лет PN_i , грн	Приведенные затраты при тарифе на э/э $S_{э} = 0,75$ за первый год PN_i , грн
1.	Clivet WSAN-EE 122	4,51	99328	9150	6010,329	22791,903	45542,304	100219,512	239401,04	1024939,25
2.	Clivet WSAN-EE 162	1,4	124528	9150	15236,947	23298,945	24406,704	100219,512	256049,58	990279,07
3.	Clivet WSAN-EE 202	-1,04	136320	9150	29653,705	20522,897	11606,080	100219,512	266971,65	995981,52
4.	Clivet WSAN-EE 242	-3,74	146960	9150	55082,392	8211,420	1386,317	100219,512	279784,73	1021833,12
5.	Clivet WSAN-EE 282	-5	154536	9150	71649,702	0	0	100219,512	292587,91	1065999,37

Годовые приведенные затраты для рассматриваемой схемы представлены на диаграмме рис. 6.

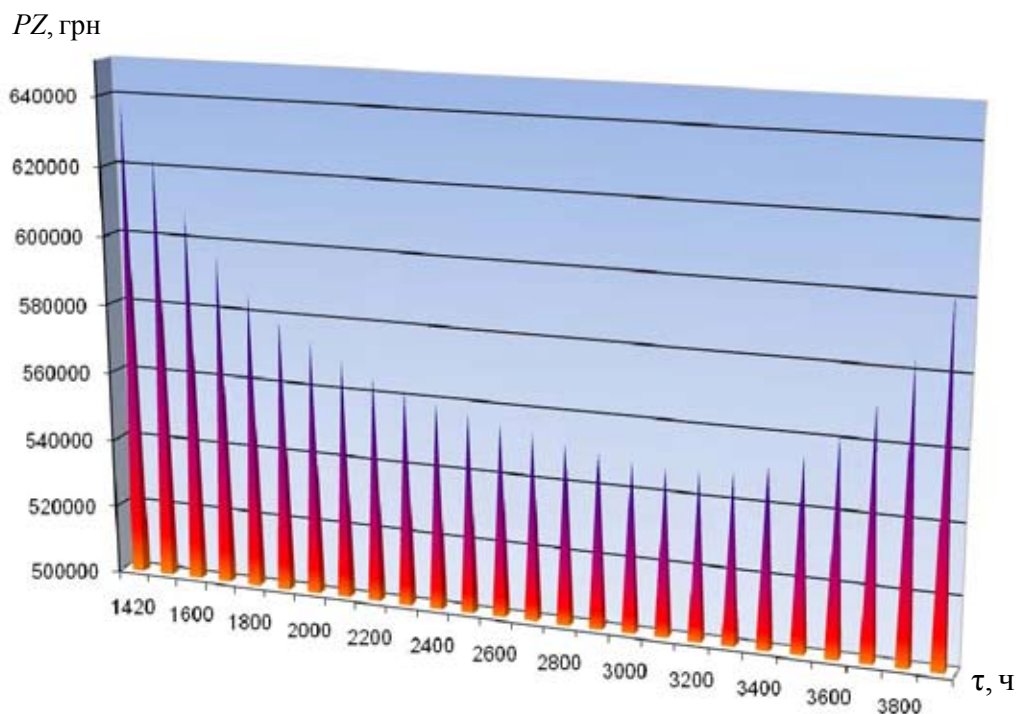


Рис. 6. Зависимость переменной составляющей годовых приведенных затрат от значения временной координаты

Закключение

Анализ значений функции приведенных затрат в диапазоне температур наружного воздуха для периода отопления по схеме последовательного подключения теплового насоса и электродоводчика показал, что оптимальным является вариант, с наиболее низкой температурой бивалентности.

В случае работы доводчика теплоты параллельно с ТНУ значения функции приведенных затрат имеют значительно более низкие значения по сравнению с вариантом последовательного подключения за счет сокращения потребления электроэнергии доводчиком теплоты и покрытия существенной части тепловой нагрузки на объект ТНУ, имеющей более высокий COP. Оптимальный вариант выбора ТНУ определяется по температуре бивалентности, отвечающей минимуму годовых приведенных затрат.

Список литературы

1. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса: Негоциант, 2006. –721 с.
2. Суслов. А. Применение воздушных тепловых насосов в условиях холодного климата //Акватерм №3(49), 2009. С. 16–18.
3. СНиП 23-01-99*, Строительная климатология 2003 г.
4. Абрамов А. А. Автоматизированный расчет продолжительности отопительного периода в конкретном населенном пункте. //Омский научный вестник, 2004, № 4 (29). С. 104 – 105.
5. CLIVET, Technical bulletin, High efficiency air-cooled heat pump, 2005.
6. Чиркин Н. Б., Шерстов Е. В., Клепанда А. С., Несвитайло В. А. Некоторые особенности проектирования и эксплуатации теплонасосных систем теплохладоснабжения. Часть 1. о требуемой тепловой нагрузке системы и мощности теплового насоса. //Энергосбережение• Энергетика• Энергоаудит. № 6, 2010, С. 27–36.

7. <http://titanelektro.dp.ua>

**SOME PARTICULARITIES OF DESIGNING AND MAINTENANCE
OF THE HEAT PUMPING TECHNOLOGY
FOR HEAT AND COLD SUPPLY SYSTEMS**

Part 2. A selection of the air source heat pumps for direct-heating system

N. B. CHIRKIN, Cand. Tech. Scie., Eu. V. SHERSTOV, M. A. KUZNETZOV
A. S. KLEPANDA, Cand. Tech. Scie., V. A. NESVITAJLO, Cand. Tech. Scie

A method to optimize of the bivalent mono energy operation chart of the heating system has been developed. When a system is operated as bivalent-parallel mode a second heat generator assists the heat pump from the bivalent point. A method allows to get rational terms for planning of the examined system of heating and modes of its exploitation from point of choice of optimum correlation between one-time capital costs of the heat pump installation and operating costs during a calculation period.

Поступила в редакцию 08.11 2010 г.